

APORTACIÓN A LA ÓPTICA DE ROBERT HOOKE

César Urtubia

Profesor de la Escuela Universitaria de Óptica de Terrassa, Barcelona.

La figura de Robert Hooke se nos ofrece como la personificación del espíritu de investigación y la fidelidad al método científico experimental del siglo XVII. Vinculado a los más sobresalientes hombres de ciencia ingleses de su época, contribuyó con aportaciones propias a la ciencias físicas, sobre todo a la mecánica y la óptica, la química y la biología.

Nació en la localidad de Freshwater, en la isla de Wright y debido a su delicada salud no acudió a la escuela por lo que fue educado por su padre. Tenía no obstante una gran curiosidad experimental que manifestó construyendo en su infancia juguetes mecánicos como relojes mecánicos y de sol, molinos de agua, etc.

Al morir su padre se trasladó a Londres para convertirse en aprendiz de pintor, lo que dejó al poco tiempo por motivos económicos y se inscribió en la Wentsminster School, donde leyó los Elementos de Euclides e inventó además "treinta sistemas distintos para volar".

De allí fue a Oxford donde conoció a muchos de los futuros miembros de la Royal Society, pasando a ser ayudante de Robert Boyle, quien lo recomendó para el puesto de Curador de Experimentos de la Royal Society, puesto que conservó durante el resto de su vida. Por entonces contaba 27 años y era el único miembro rentado de la Royal Society, de la cual redactó los estatutos.

Pasó a vivir en una habitación anexa al Gresham College, casa señorial transformada por su propietario en facultad, donde residió toda su vida. Este hombre delgado y pálido de ojos saltones y de carácter algo reservado no se casó nunca y no puede decirse si su entrega

total a la ciencia fue causa o consecuencia de ello.

Formó parte de varios "clubs de cafetería" a la sazón muy de moda en los que se discutían los últimos adelantos científicos y se fijaban las inquietudes de los contertulios. Así nuestro hombre se propuso investigar "...la potencia de la pólvora y el rayo, la balística, la altura de las montañas, los medios de caminar sobre hielo, los devoradores de fuego, los animales fosforescentes, la generación espontánea y el sistema de reproducción de las plantas...".

El microscopio

Hooke dedicó mucho tiempo a la fabricación de instrumentos científicos. Utilizó ampliamente el microscopio, al que introdujo numerosas innovaciones, como los tubos deslizantes, dos tubos que era posible acercar entre sí para modificar la distancia entre el objetivo y el ocular; el empleo de la articulación esférica, y también la forma en que se montaba un objeto para su examen.

Después de probar varios instrumentos, escogió el que le fabricó Christopher Cock. El "microscopio Hooke se hizo famoso en el continen-

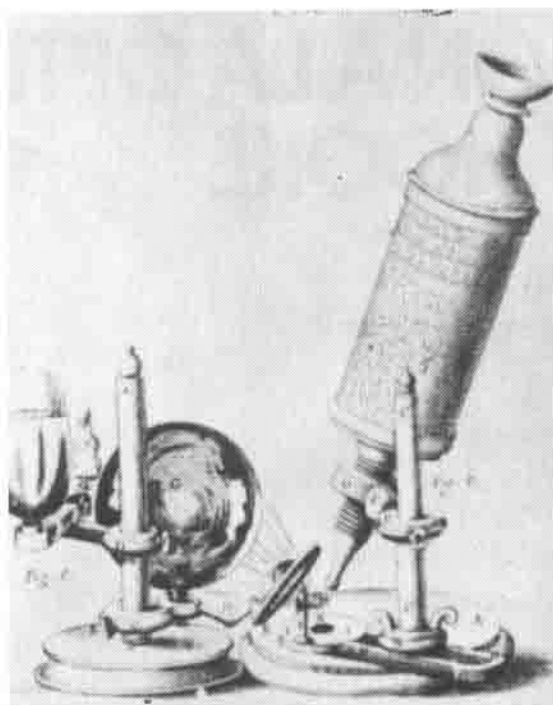


Fig. 1. Microscopio de Hooke y su iluminador dibujados por el propio autor. Tomado del facsímil editado por el Museum Boerhaave. Leiden (Holanda) 1982.

te europeo, y estaba tan perfeccionado que durante aproximadamente un siglo nadie volvió a introducir cambios importantes en el microscopio compuesto (fig. 1).

Mantuvo una copiosa correspondencia con los más grandes microscopistas de su época, como el holandés Antoni Van Leeuwenhoek, de quien hizo un elogio, al par que se quejaba de una microscopía científica valiosa, en una disertación entre la Royal Society en 1691:

"...Pero aunque ha quedado un poco de vida en los esmeriles de lentes, el calor de aquellos que deberían haberlos empleado, sin embargo, se ha enfriado, y han realizado pocos experimentos nuevos..."

"...Los microscopios están ahora prácticamente reducidos a un solo usuario, que es el señor Leeuwenhoek. Con excepción de su caso, no tengo conocimiento de que hay alguien que utilice el instrumento que no sea para divertirse y pasar el tiempo."

Física química y otras ciencias

En Química, anticipó una explicación bastante racional del fenómeno de la combustión, en Mecánica descubrió la ley de la elasticidad, que expresa que el alargamiento de un cuerpo es proporcional al peso aplicado y se anticipó a Newton en el conocimiento de la "gravitación universal". En 1688 sugirió que los fósiles podrían ser utilizados para determinar la historia de la Tierra, contradiciendo la creencia común

de que eran debidos a una "virtud plástica inherente a la Tierra".

La Micrographia

La gran obra de Hooke, la "Micrographia", (fig. 2), fue el producto de su dedicación a las observaciones microscópicas y la descripción de éstas como parte de la rutina de las sesiones de la Royal Society.

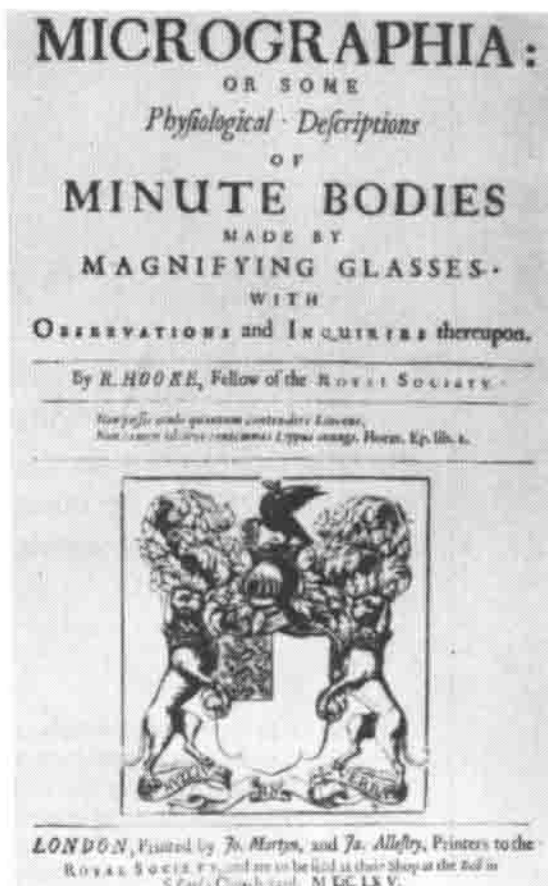


Fig. 2. Portada de la Micrographia. Tomado del facsímil editado por el Museum Boerhaave. Leiden (Holanda) 1982.

El rey Carlos II solicitó un volumen de lo que Hooke había visto a través del microscopio. Su experiencia como artista quedó reflejada en las ilustraciones reproducidas en este libro (fig. 3).

Para ver sus especímenes con más nitidez y para lograr la refinada y detallada terminación de sus dibujos, Hooke empleaba un globo esférico lleno de agua, o una lente planoconvexa a modo de "condensador" para concentrar la luz sobre el objeto a observar.

En los días de sol colocaba un trozo de papel aceitado entre la fuente de luz y el objetivo para reducir así el resplandor, y en los días más oscuros y durante la noche empleaba una potente lámpara para reemplazar los rayos naturales del sol como fuente luminosa.

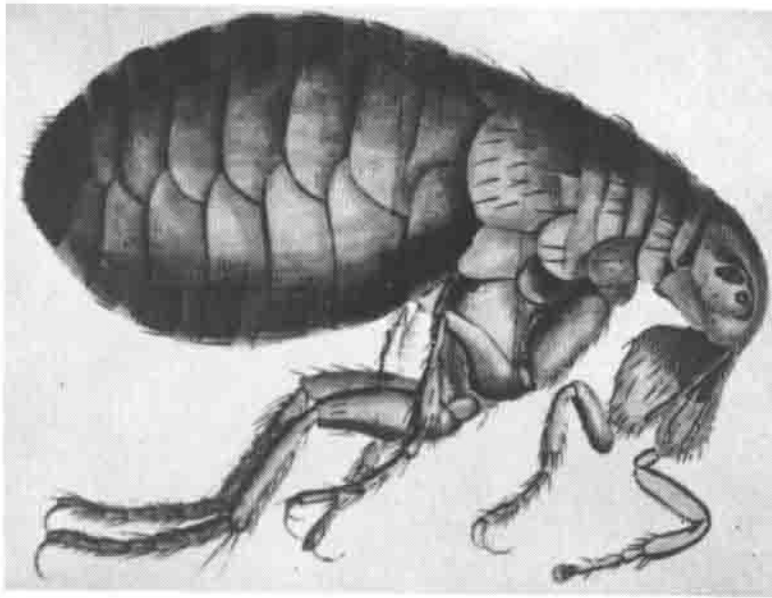


Fig. 3. Dibujo de una pulga efectuado por Hooke. Tomado de "Enciclopedia de las Ciencias". Tomo III Editorial Planeta. Barcelona 1980.

Sin embargo, tal y como él mismo nos cuenta, observar no era tan sencillo:

"...pues el mismo objeto parece muy distinto de como en realidad es, cuando está en una posición determinada con respecto a la luz y en cambio es posible descubrirlo en otra. Y por consiguiente yo nunca empezaba a realizar los bosquejos antes de haber descubierto la forma auténtica mediante muchos exámenes bajo diversas luces, y en varias posiciones en relación con esas luces."

El manuscrito se presentó en noviembre de 1664 y fue publicado en 1665. Fue un gran éxito, en él sintetizaba todas las cualidades que Francis Bacon había reclamado para una obra científica, ya que contiene muy pocas hipótesis y discusiones teóricas y está totalmente consagrada a reproducir una serie de informes sobre observaciones. Si bien su título es algo confuso, ya que contiene sesenta observaciones, cincuenta y siete de las cuales fueron hechas con el microscopio y tres con el telescopio, sus aportes a la ciencia van más allá de la microscopía pura. En efecto incluye nuevos trabajos sobre óptica, una teoría de la combustión y una de las primeras descripciones de la estructura de los cristales.

La célula

El aporte más famoso de la *Micrographia* es posiblemente el descubrimiento y "bautismo" de la célula, en realidad los huecos o alveolos dejados por las unidades biológicas microscópicas vegetales, y que debido a ello denominó *cellulae* (celdillas). En palabras de Hooke:

"...Tomé un buen trozo claro de corcho, y con un cortaplumas tan afilado como una navaja, le seccioné un pedazo, y así, su superficie quedó excepcionalmente lisa, para luego examinarla diligentemente con un microscopio..."

A Hooke le pareció percibir poros en el corcho, pero no estaba seguro, y continuó su trabajo:

"...con el mismo cortaplumas afilado, seccioné de la anterior superficie lisa una lámina extraordinariamente delgada de la misma... Pude observar con inusitada nitidez que toda ella estaba perforada y era porosa, con un aspecto muy parecido al de un panal, si bien sus poros no eran regulares..." (fig. 4).

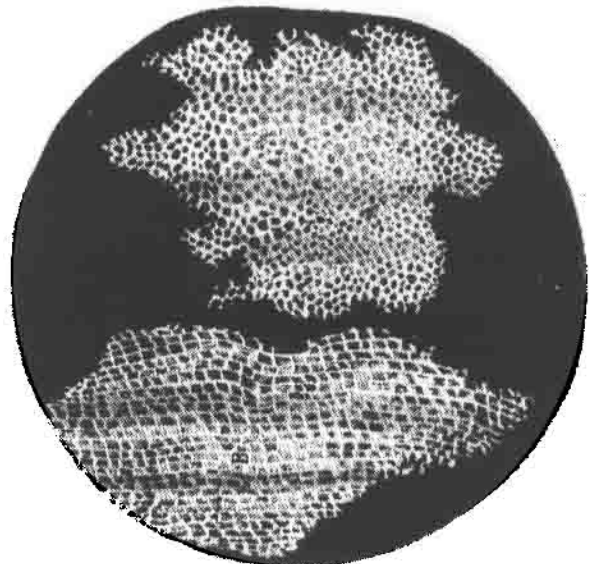


Fig. 4. El famoso esquema del trozo de corcho donde Hooke vió las "cellulae". Tomado del facsímil editado por el Museo Boerhaava. Leiden (Holanda), 1982.

Esta fue la primera observación de la membrana celular de una planta. Hooke descubrió a continuación que generalmente las plantas contienen fluidos y se interesó por la forma en que éstas se comunicaban entre sí.

Sin embargo, no entendió la función de la célula como un todo unitario de materia viviente. Habrían de pasar casi 150 años para el enunciado de la revolucionaria Teoría Celular, por el botánico Matthias Jacob Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann, que proclamarían a la célula como la unidad funcional y anatómica de todos los organismos, con excepción de los virus y otros microorganismos menores.

Óptica física y geométrica

En cuanto a esta materia parte de un examen crítico de las concepciones cartersianas: "...Resulta manifiesto que no hay ningún cuerpo luminoso que no tenga sus partes más o menos en movimiento..."

Sin embargo, afirma, "...la luz no es producida por un movimiento cualquiera, pues existen cuerpos con movimientos muy violentos y que no dan luz, y hay otros cuerpos que según nuestro sentido no se mueven mucho y no obstante resplandecen..."

Se refiere Hooke al resplandor que emana de un diamante frotado en la oscuridad. Para él, los movimientos internos de los cuerpos luminosos no son circulantes como suponía Descartes, sino vibratorios.

Proponer por otro lado que para que la luz se propague debe existir un medio transmisor.

Este medio "...debe ser un cuerpo con susceptibilidad y la capacidad de impulsar este movimiento". No explica cual es la susceptibilidad del medio y acepta en principio la teoría del "Medio Denso" de Descartes.

Al referirse a la programación de la luz dice: "...el movimiento (que constituye la luz) se propaga a través de un medio homogéneo en línea recta y en todas direcciones, como los radios que salen del centro de una esfera..."

En sus escritos está asimismo implícito el concepto de los frentes de onda para explicar la Refracción, por lo que se le considera un precursor de la teoría ondulatoria de Huygens (fig. 5a):

"...este movimiento (la luz) se propaga en el medio homogéneo en todas direcciones con igual velocidad, y necesariamente, cada pulso o vibración del cuerpo luminoso genera una esfera que aumentará continuamente, al igual que las ondas o anillos producidos por una piedra sobre la superficie del agua..."

El propio autor nos explica así su esquema (fig. 5b):

"...Supondremos en la figura que ACFD es un rayo físico (la luz) en el que ABC y DEF representan los rayos matemáticos. Este rayo se propaga a través de un medio transparente y homogéneo LLL proveniente de un punto luminoso remoto. DA, EB, FC, son pequeñas porciones de los impulsos orbiculares y que

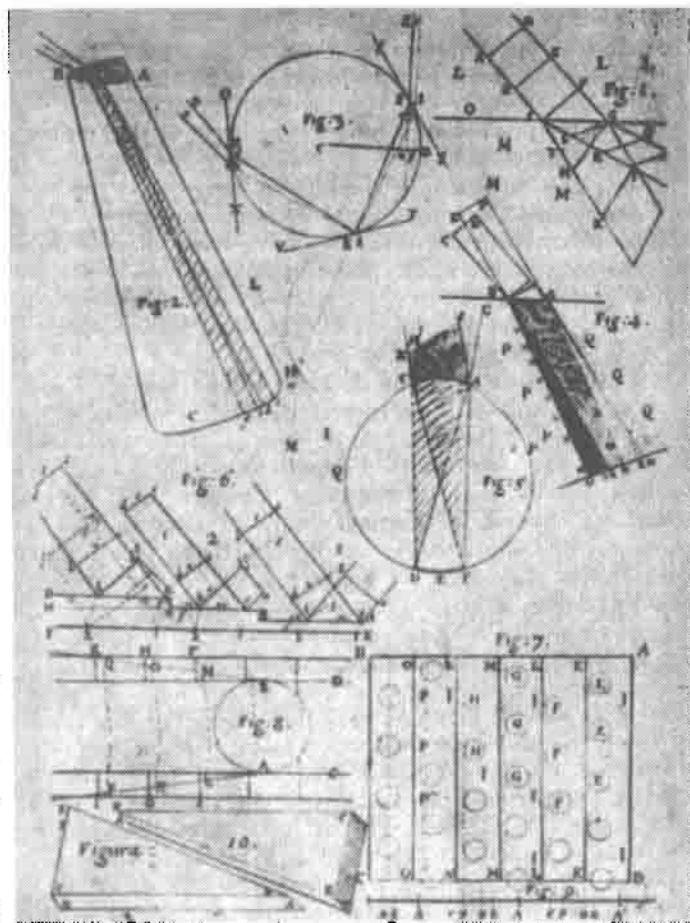


Fig. 5 a. Reproducción de la página de la *Micrographia* en que Hooke trata de los "frentes de onda", naturalmente con otras expresiones. Tomado de "La Óptica" R. Prat Colección Microcosmos. Ediciones Martínez Roca. Barcelona 1969.

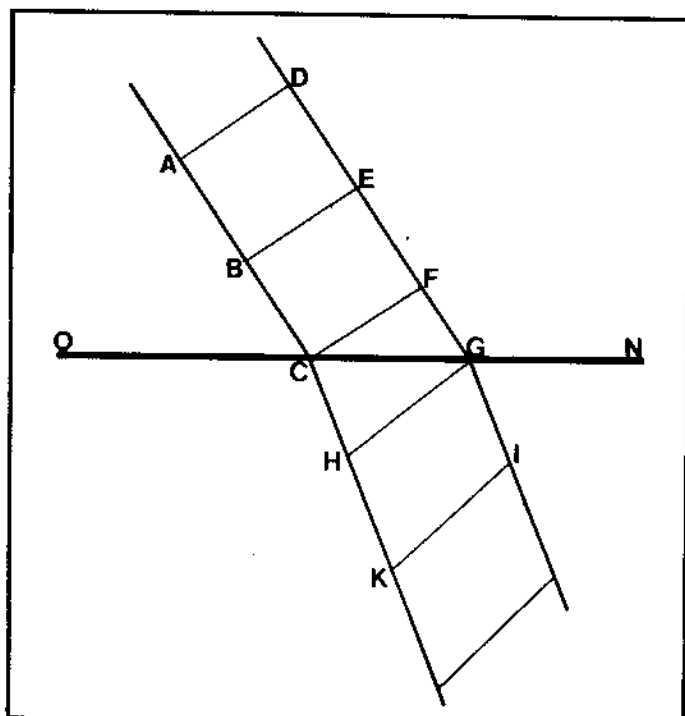


Fig. 5 b. Ampliación en detalle de la figura original en la parte superior derecha de la página de la *Micrographia* de R. Hooke. Explicación del esquema en el texto. Tomado de E. de la C.

por lo tanto cortan a los rayos en ángulo recto. Estos rayos inciden oblicuamente sobre la superficie ON y son refractados hacia la perpendicular de la superficie. Y porque en el medio LLL la luz se propaga más rápidamente en una tercera parte, el punto C del pulso orbicular FC recorrerá hasta cuatro espacios, y el punto G recorrerá en el mismo tiempo hasta G tres unidades; por tanto el pulso entero refractado GH será oblicuo a los rayos refractados CHK y GI..."

Como veremos al hablar del color, Hooke utilizará su resultado de la oblicuidad de los frentes de onda a los rayos refractados para explicar la generación de los colores por refracción. Huygens no obstante, invalidará estos resultados demostrando las leyes de la refracción y la perpendicularidad de los frentes de onda a los rayos, valiéndose de las ondas secundarias, desconocidas por Hooke, y suponiendo que la luz es frenada al penetrar en los medios más densos.

En relación a otro interesante fenómeno, la coloración en las interferencias, es sabido que en diferentes puntos del fenómeno se distribuyen irisaciones debido al hecho de que la luz en esos puntos tiene una composición en radiaciones coloreadas, de forma que algunas de ellas dominan y otras quedan apagadas.

Este aspecto de la irisación se encuentra en el origen de las primeras observaciones realizadas con relación a este fenómeno por Robert Hooke. En su *Micrographia* estudió sistemáticamente todo lo que se llama la coloración de las láminas delgadas.

Si bien es accesible a cualquiera la observación de este fenómeno en las pompas de jabón o en las finas películas de aceite en la su-

perficie de un frasco de agua, Hooke tuvo el gran mérito de atribuir a la luz "...un movimiento que debe ser vibratorio..." para dar una explicación a este fenómeno de naturaleza interferencial.

Habrá que esperar sin embargo hasta el siglo XIX a que los científicos Young y Fresnel confirmen el valor de semejante conclusión.

El color

Robert Hooke considera en su *Micrographia* un rayo "físico" de luz que incide oblicuamente sobre una interfase refractora. Si la fuente está muy alejada, este rayo puede definirse por dos rayos geométricos y por las porciones del pulso luminosos sucesivas de ambas perpendiculares a dichos rayos.

Según Hooke, cuando el pulso es perpendicular a la dirección de propagación la luz es simple y uniforme, y origina la percepción del color blanco. La refracción de este rayo físico por la interfase, perturba la propagación del pulso luminoso, es decir, al llegar dicho pulso oblicuamente sobre la interfase, es refractado y si antes era perpendicular a la dirección de propagación, ahora pasa en el interior del segundo medio a ser oblicuo a dicha dirección.

Combinando esta última deducción con la suposición de una cierta acción del medio que rodea al rayo físico, Hooke explica cómo en la porción triangular de dicho rayo, el medio que lo propaga adquiere cierta propiedad que define el color azul; y en el otro extremo del rayo, es decir, la porción "man" se forma el color rojo. En las zonas más internas del segundo

medio en la cual se mezclan estas dos porciones del pulso se producen los demás colores.

Resumiendo, según Hooke existen dos colores fundamentales, el azul y el rojo; cada uno corresponde a una cierta propiedad física del medio que propaga la luz, dependiendo dicha propiedad a su vez de la intensidad del pulso luminoso en cada punto del medio. Hooke no aclara el origen de esta distribución de intensidades en el frente luminoso (pulso) refractado, como tampoco su relación con los colores.

Posteriormente evoluciona su concepción a partir de los descubrimientos de Newton. Al admitir la relación dada por Newton entre color y grado de refracción Hooke tuvo que abandonar su idea de constituir los colores por combinación del color azul y el rojo, Hooke admite pues la infinita diversidad de colores con sus grados de refracción propuestos por Newton. Sin embargo no admitió la teoría newtoniana de la luz como un agregado heterogéneo de rayos de distintos colores:

"Concibo que el blanco o movimiento uniforme de la luz está compuesto por los movimientos de todos los demás colores del mismo que un movimiento recto y uniforme puede estar compuesto por mil movimientos".

Epílogo

Debido a la peste bubónica de 1665 y al incendio de Londres de 1666 Robert Hooke participó con su recién estrenado cargo de topógrafo en la reconstrucción de Londres.

Durante esta época en que abandonó sus trabajos de microscopía pasó a ocupar un pue-

to de primera línea en la ciencia de la Mecánica. Por otra parte según él mismo explicó se le estaba debilitando la visión. Pero a raíz de las informaciones que la Royal Society recibió del holandés Antoni van Leeuwenhoek, solicitaron de Hooke que reanudara sus observaciones microscópicas. Enseguida volvieron a perder el interés por lo que Hooke volvió de nuevo a la Física.

Amargado por este desinterés y por las encendidas polémicas científicas de su época y entristecido por la reciente muerte de su sobrina, única compañía con la que contaba, incurrió en la melancolía y las cavilaciones, aunque todavía participaba en las sesiones de la Royal Society.

Falleció el 3 de marzo de 1703 y la institución le demostró su respecto, ya que la mayor parte de sus miembros acudieron a su funeral. Era el tributo a un hombre de ciencia que con una honestidad e integridad totales a lo largo de toda su obra, representaba a lo mejor que tenía la revolución científica inglesa.

Bibliografía

Brachet J. La célula viva, en LA CELULA VIVA. 2ª edición Selecciones del Scientific American Editorial Blume Madrid 1970.

Cid F. HISTORIA DE LA CIENCIA. Tomos II y III Editorial Planeta Barcelona 1979.

Hooke R. Micrographia, or some Physiological Descriptions of minute Bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon. New York: Dover Publications 1961 Reproducción en facsímil de la primera edición publicada por la Royal Society, Londres 1665.

Prat R. La Optica. Colección Microcosmos N.º 20 Ediciones Martínez Roca Barcelona 1969.